

5

10 Sensor zum Erfassen von Partikeln in einem Gasstrom, sowie  
Verfahren zu seiner Herstellung

Stand der Technik

15

Die Erfindung betrifft zunächst einen Sensor zum Erfassen von Partikeln in einem Gasstrom, insbesondere einen Rußpartikelsensor für ein Abgassystem einer Brennkraftmaschine, mit einer ersten Elektrodeneinrichtung und einer zweiten Elektrodeneinrichtung, welche in einem Abstand voneinander angeordnet und wenigstens bereichsweise dem Gasstrom aussetzbar sind.

Ein Sensor der eingangs genannten Art ist aus der DE 101 33 385 C1 bekannt. Bei dem dort gezeigten Sensor ist eine Sammelkammer vorhanden, welche fluidisch mit einem Abgasstrom einer Brennkraftmaschine verbunden werden kann. An der Oberseite der sehr flachen Sammelkammer ist eine erste Elektrode angeordnet, an der Unterseite, also gegenüberliegend zu der ersten Elektrode, eine zweite Elektrode. Die Sammelkammer zwischen den beiden Elektroden ist hohl. Im Betrieb des bekannten Sensors gelangen Rußpartikel in die Sammelkammer und lagern sich in dem Hohlraum zwischen den beiden Elektroden ab. Hierdurch wird der Zwischenraum zwischen den beiden Elektroden elektrisch

überbrückt, so dass sich die Impedanz der Elektrodenstruktur ändert. Die zeitliche Änderung der Impedanz ist ein Maß für die Beladung des Abgasstroms mit Rußteilchen.

5

Ein Sensor der eingangs genannten Art ist auch aus der DE 101 33 384 A1 bekannt. Dort sind die beiden Elektroden auf der Unterseite der Sammelkammer angeordnet und greifen kammartig ineinander. Auch hier ist die Veränderung der Impedanz zwischen den beiden Elektroden ein Maß für die Rußbeladung des Abgasstroms.

Für die präzise Erfassung der Rußbeladung eines Abgasstroms ist eine hohe Empfindlichkeit des Sensors erforderlich. Dabei gilt, dass der Sensor umso empfindlicher ist, je kleiner der Abstand zwischen den beiden Elektroden ist. Bei den beiden bekannten Sensoren betragen die Abstände zwischen den beiden Elektroden ("GAP") typischerweise 30 bis 100 µm. Eine weitere Reduzierung der Abstände zwischen den beiden Elektroden ist bei den bekannten Sensoren herstellungstechnisch schwierig und kann im Betrieb zu Lebensdauerproblemen führen.

Die vorliegende Erfindung hat daher die Aufgabe, einen Sensor der eingangs genannten Art so weiter zu bilden, dass er preiswert hergestellt werden kann, eine lange Lebensdauer aufweist und dabei die Beladung eines Gasstroms mit Partikeln mit hoher Genauigkeit erfassen kann.

Diese Aufgabe wird bei einem Sensor der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Elektrodeneinrichtungen durch eine Zwischenschicht aus einem elektrisch isolierenden Material voneinander getrennt sind, und dass sie um die Dicke der Zwischenschicht voneinander beabstandete, dem Gasstrom aussetzbare freie Ränder aufweisen.

## Vorteile der Erfindung

5 Bei dem erfindungsgemäßen Sensor kann auch ein kleiner  
Abstand zwischen den beiden Elektrodeneinrichtungen präzise  
realisiert werden, da dieser Abstand durch die  
Zwischenschicht aus dem elektrisch isolierenden Material  
vorgegeben ist. Dadurch, dass die Elektrodeneinrichtungen  
10 bei dem erfindungsgemäßen Sensor nur bis zu wenige  
Mikrometer voneinander beabstandet sein können, was vom  
Prinzip her einem kondensatorartigen Aufbau entspricht,  
weist der Sensor eine hohe Empfindlichkeit und eine geringe  
Ansprechzeit auf, welche eine besonders präzise Erfassung  
15 von Partikeln in einem Gasstrom gestattet. Dabei können die  
Trägerstrukturen der Elektrodeneinrichtungen so stabil  
ausgebildet werden, dass der Sensor eine hohe Lebensdauer  
aufweist. Die Herstellung des erfindungsgemäßen Sensors ist  
darüber hinaus vergleichsweise preiswert, da der Abstand  
20 zwischen den Elektroden ja durch die Zwischenschicht quasi  
"automatisch" vorgegeben ist, und nicht durch komplexe  
Fertigungsmethoden erreicht werden muss.

Wesentlich für die Realisierung der genannten Vorteile ist  
25 zum einen die bereits erwähnte Zwischenschicht, mit deren  
Hilfe auch kleinste Abstände zwischen den beiden  
Elektrodeneinrichtungen zuverlässig realisiert werden  
können, und zum anderen die Tatsache, dass die eigentlichen  
Sensorflächen durch die seitlichen freiliegenden Ränder der  
30 Elektrodeneinrichtungen gebildet werden. Durch eine  
Verminderung des abrasiven Abtrags an den Oberflächen der  
Elektroden und die Reduzierung der Auswirkungen eines  
solchen Abtrags wird die Lebensdauer erhöht.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Zwischenschicht eine Folie oder eine Dickschicht umfasst. Folien aus einem elektrisch isolierenden Material sind im Handel auch mit äußerst geringen Wandstärken erhältlich. Die Handhabung einer derartigen Folie ist darüber hinaus vergleichsweise einfach. Insgesamt wird so also die Herstellung vereinfacht und ist preiswert. In Dickschichttechnik können besonders geringe Wandstärken realisiert werden.

Vorgeschlagen wird auch, dass mindestens eine der beiden Elektrodeneinrichtungen eine Mehrzahl von Einzelelektroden umfasst. Dies hat gleich mehrere Vorteile: Zum einen kann so die Betriebssicherheit des Sensors erhöht werden, da die Einzelelektroden zu einem redundanten Gesamtsystem führen. Zum anderen kann die Funktion einer Einzelelektrode durch einen Vergleich des Signals mindestens einer anderen Einzelelektrode überprüft werden. Schließlich kann durch eine Mittelung der Signale der Einzelelektroden, insbesondere dann, wenn deren freie Ränder an unterschiedlichen Stellen angeordnet sind, die Partikelbeladung des Gasstromes besonders präzise erfasst werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Sensors sieht vor, dass dem Gasstrom aussetzbare freie Ränder der Elektrodeneinrichtungen an mindestens einem freien Außenrand des Sensors und/oder an mindestens einer Durchgangsöffnung und/oder mindestens einer sacklochartigen Öffnung im Sensor angeordnet sind.

Dies gestattet eine optimale Anpassung des Sensors an die individuellen Strömungs- und Einbauverhältnisse der

Vorrichtung, in der der Gasstrom gemessen werden soll.  
Darüber hinaus können die besagten freien Ränder einfach durch Bohren, Schneiden, Stanzen, etc. hergestellt werden.

- 5 Die Herstellung wird nochmals vereinfacht, wenn die Elektrodeneinrichtungen jeweils auf eine Folie aufgedruckt sind. Diese Folie kann gleichzeitig als elektrisch isolierende Zwischenschicht dienen.
- 10 Wenn der Sensor, wie ebenfalls vorgeschlagen wird, eine Heizeinrichtung umfasst, können durch eine Erhitzung der freien Ränder der Elektrodeneinrichtung dort angelagerte Partikel auf einfache Weise abgebrannt werden, so dass dann wieder mit einem neuen Messzyklus begonnen werden kann,
- 15 ohne dass der Sensor ausgetauscht werden muss.

- In Weiterbildung hierzu ist es vorteilhaft, wenn der Sensor auch eine Temperaturerfassungseinrichtung umfasst. Mit dieser kann der Heizvorgang überwacht werden, so dass
- 20 Beschädigungen des Sensors durch das Aufheizen vermieden werden können.

- Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Heizeinrichtung und/oder die
- 25 Temperaturerfassungseinrichtung jeweils auf eine Folie aufgedruckt sind/ist. Dies vereinfacht die Herstellung und senkt die Herstellkosten.

- Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein
- 30 Verfahren zum Herstellen eines Sensors der obigen Art. Es wird vorgeschlagen, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- a) Die erste Elektrodeneinrichtung wird auf einen ersten
- 35 Träger aufgebracht;

b) die zweite Elektrodeneinrichtung wird auf einen zweiten Träger aufgebracht;

5 c) auf die Seite des ersten Trägers, auf die die erste Elektrodeneinrichtung aufgebracht ist, wird eine Zwischenschicht aus einem elektrisch isolierenden Material aufgebracht;

10 d) auf die Zwischenschicht aus dem elektrisch isolierenden Material wird der zweite Träger mit der zweiten Elektrodeneinrichtung angeordnet derart, dass die Seite des zweiten Trägers, auf die die zweite Elektrodeneinrichtung aufgebracht ist, zu der Zwischenschicht aus dem elektrisch isolierenden  
15 Material weist;

e) die aufeinander gelegten Träger und Schichten werden miteinander verbunden (laminieren);

20 f) der Verbund der Träger und Schichten wird so bearbeitet, dass er freiliegende, benachbarte und nur um die Dicke der Zwischenschicht aus dem elektrisch isolierenden Material voneinander beabstandete Ränder der Elektrodeneinrichtungen aufweist.

25 Ein derartiges Folientechnikverfahren gestattet eine preiswerte, präzise, und schnelle Herstellung eines Sensors.

30 Alternativ hierzu kann das Verfahren folgende Schritte umfassen:

a) Die erste Elektrodeneinrichtung wird auf einen ersten Träger aufgebracht;

- b) auf die erste Elektrodeneinrichtung wird mindestens eine isolierende Zwischenschicht aufgebracht;
- 5 c) die zweite Elektrodeneinrichtung wird auf die isolierende Zwischenschicht aufgebracht;
- d) auf die zweite Elektrodeneinrichtung wird eine Schutzschicht aufgebracht;
- 10 e) die aufeinandergelegten Träger und Schichten werden miteinander verbunden (laminiert);
- f) der Verbund der Träger und Schichten wird so  
bearbeitet, dass er freiliegende, benachbarte und nur  
15 um die Dicke der Zwischenschicht aus dem elektrisch isolierenden Material voneinander beabstandete Ränder der Elektrodeneinrichtungen aufweist.

Dieses Verfahren ist besonders schnell und preiswert.

20

In einer Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass im Schritt f) der Verbund geschnitten oder gestanzt oder gebohrt wird. Dies ermöglicht die Herstellung der freien Ränder der Elektrodeneinrichtungen auf einfache Art und Weise.

25

Es ist ebenfalls möglich, dass vor dem Aufeinanderlegen der Träger mindestens auf den ersten Träger und auf die Zwischenschicht aus elektrisch isolierendem Material an mindestens einer Stelle, an denen die

30

Elektrodeneinrichtungen freie Ränder aufweisen sollen, ein brennbares Material aufgebracht und der Verbund später so erhitzt wird, dass das brennbare Material verbrennt und dabei auch den Bereich des Trägers beziehungsweise der Zwischenschicht, auf den es aufgebracht war, verbrennt. Die

35

freien Ränder der Elektrodeneinrichtungen, welche im

Betrieb dem Gasstrom ausgesetzt sind, werden in diesem Falle durch ein Sinterverfahren hergestellt. Auf diese Weise lassen sich sehr gut auch sacklochartige Öffnungen einbringen.

5

Zeichnungen

Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert.

10

In der Zeichnung zeigen:

15

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einem Abgasrohr und einem Rußpartikelsensor;

20

Figur 2 eine perspektivische Explosionsdarstellung einer vereinfachten Ausführungsform des Rußpartikelsensors von Figur 1;

25

Figur 3 eine perspektivische Explosionsdarstellung einer weiteren Ausführungsform des Rußpartikelsensors von Figur 1;

30

Figur 4 eine perspektivische Darstellung des Rußpartikelsensors von Figur 3 im zusammengebauten Zustand;

Figur 5 eine Darstellung ähnlich Figur 3 einer nochmals abgeänderten Ausführungsform eines Rußpartikelsensors; und



Figur 6 eine Darstellung ähnlich Figur 3 einer nochmals abgeänderten Ausführungsform eines Rußpartikelsensors;

5

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 trägt eine Brennkraftmaschine insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst einen Motorblock 12, ein  
10 Ansaugrohr 14 und ein Abgasrohr 16. Bei der Brennkraftmaschine 10 handelt es sich um eine Diesel-Brennkraftmaschine. In ihrem Abgasrohr 16 ist ein Rußpartikelfilter 18 angeordnet.

15 Durch den Rußpartikelfilter 18 werden im Abgas befindliche Rußpartikel aufgehalten und gesammelt. Für den sicheren Betrieb der Brennkraftmaschine 10 ist es erforderlich, einen Zustand zu erfassen, in dem der Rußpartikelfilter 18 so viele Rußpartikel aufgenommen hat, dass seine  
20 Durchlässigkeit eingeschränkt ist und auf Grund der Filterbeladung die Regeneration nicht mehr gewährleistet werden kann. Wird eine solche Situation erkannt, muss der Rußpartikelfilter 18 entweder ausgetauscht oder regeneriert werden. Um eine solche Situation erfassen zu können, sind  
25 stromaufwärts und stromabwärts vom Rußpartikelfilter 18 im Abgasrohr 16 Rußpartikelsensoren 20a und 20b angeordnet. Diese erfassen die Beladung des Abgases an den entsprechenden Stellen im Abgasrohr 16 mit Rußpartikeln und gestatten so eine Abschätzung der Beladung des  
30 Rußpartikelfilters 18 mit Rußpartikeln und eine Überwachung der korrekten Funktion des Rußpartikelfilters 18.

Die Rußpartikelsensoren 20a und 20b können entsprechend dem in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel aufgebaut sein:  
35 Der in Figur 2 in einer perspektivischen

Explosionsdarstellung gezeigte Rußpartikelfilter 20 weist einen ersten keramischen Träger 22 auf. Dieser hat einen länglichen rechteckigen Grundriss und ist wenige Zehntel Millimeter dick. Im Grunde handelt es sich bei dem Träger 22 also um eine keramische Folie. Auf den keramischen Träger 22 ist eine erste Elektrodeneinrichtung 24 aufgedruckt. Diese umfasst eine in der Draufsicht etwa quadratische Elektrode 26, die an dem in Figur 2 linken vorderen Ende des keramischen Trägers 22 auf diesen aufgebracht ist und seitlich exakt gleich breit ist wie der keramische Träger 22 sowie bündig ist mit dessen in der Figur vorderem Rand. Ferner weist die erste Elektrodeneinrichtung 24 eine Zuleitung 28 auf, welche zu der ersten Elektrode 26 führt.

Der Rußpartikelsensor 20 weist einen zweiten keramischen Träger 30 auf, der identisch ausgestaltet ist wie der erste keramische Träger 22. Auf ihn ist eine zweite Elektrodeneinrichtung 32 aufgedruckt, deren einziger Unterschied zur ersten Elektrodeneinrichtung 24 darin besteht, dass die Zuleitung zur zweiten Elektrode 34 im Bereich des in Figur 2 hinteren Randes angeordnet und daher bei der Darstellung in Figur 2 vom zweiten keramischen Träger 30 verdeckt ist.

Zwischen den beiden Elektroden 26 und 34 ist eine Zwischenschicht 36 aus einem elektrisch isolierenden Material angeordnet. Sie ist genau gleich breit wie die beiden Elektroden 26 und 34 und reicht ebenfalls bis an das in Figur 2 vordere Ende des Sensors 20. Sie ist jedoch insgesamt etwas länger als die beiden Elektroden 26 und 34, und erstreckt sich daher über den inneren Rand der beiden Elektroden 26 und 34 in Richtung der Zuleitung 28 bzw. der nicht sichtbaren Zuleitung zu der zweiten Elektrode 34 hinaus. Hierdurch wird sichergestellt, dass zwischen den

beiden Elektrodeneinrichtungen 24 und 32 innerhalb des Sensors 20 kein elektrischer Kontakt vorliegt. Die Zwischenschicht 36 ist vergleichsweise dünn, ihre Dicke  $D$  beträgt üblicherweise einige Mikrometer. Zu Ihrer Realisierung kann beispielsweise Dickschichttechnik angewendet werden. Gegebenenfalls kann auch eine Folie zum Einsatz kommen.

Hergestellt wird der in Figur 2 gezeigte Sensor 20 dadurch, dass zunächst die erste Elektrodeneinrichtung 24 auf den ersten keramischen Träger 22 und die zweite Elektrodeneinrichtung 32 auf den zweiten keramischen Träger 30 aufgebracht werden. Dann wird auf den Verbund aus erster Elektrodeneinrichtung 24 und erstem keramischen Träger 22 die Zwischenschicht 36 aufgebracht und der Verbund aus zweitem keramischen Träger 30 und zweiter Elektrodeneinrichtung 32 aufgelegt. Beispielsweise durch ein thermisches Klebe- oder Sinterverfahren werden die einzelnen Elemente dieses Stapels miteinander fest verbunden.

Alternativ kann der Sensor 20 auch in Dickschichttechnik hergestellt werden. In diesem Fall kann es sich bei dem Träger 30 auch einfach um eine Schutz- und Isolierschicht handeln.

Die seitlichen Ränder der keramischen Träger 22 und 30, der Elektrodeneinrichtungen 24 und 32, und der Zwischenschicht 36 können zunächst noch relativ unpräzise sein. Die endgültigen seitlichen Ränder entsprechend der Darstellung von Figur 2 werden nach der Herstellung des Verbunds bzw. des Schichtstapels beispielsweise durch Sägen oder Stanzen hergestellt. Der fertige Rußpartikelsensor 20 weist dann zwei Elektroden 26 und 34 auf, die in der Draufsicht unmittelbar übereinander und in einem Abstand  $D$  voneinander

angeordnet sind, wobei der Abstand D durch die Dicke der Zwischenschicht 36 vorgegeben ist. Die Elektroden 26 und 34 des fertigen Rußpartikelsensors 20 weisen jeweils drei freiliegende gerade Randflächen 38 bzw. 40 auf, deren Höhe  
5 der Dicke der Elektrode 26 und 34 entspricht. Die Randflächen 38 der ersten Elektrode 26 sind von den Randflächen 40 der zweiten Elektrode 34 gerade um den Abstand D voneinander beabstandet.

10 Strömt an den beiden gemäß Figur 2 aufgebauten Rußpartikelsensoren 20a und 20b von Figur 1 mit Rußpartikeln beladenes Abgas vorbei, lagern sich Rußpartikel auch an den beiden Sensoren 20a und 20b an. Hierdurch kommt es zu einer fortschreitenden elektrischen  
15 Überbrückung des Abstands D zwischen den Randflächen 38 der ersten Elektrode 26 und den Randflächen 40 der zweiten Elektrode 34. Somit ändert sich die Impedanz der aus den beiden Elektroden 26 und 34 gebildeten Einrichtung, was von einer Erfassungseinrichtung, die über die Zuleitung 28 und  
20 die in Figur 2 nicht sichtbare Zuleitung mit den beiden Elektroden 26 und 34 verbunden ist, erfasst werden kann. Da der Abstand zwischen den benachbarten Randflächen 38 und 40 äußerst klein ist, weisen die Rußpartikelsensoren 20a und 20b eine hohe Empfindlichkeit auf.

25 Eine alternative Ausführungsform eines Rußpartikelsensors 20 wird nun unter Bezugnahme auf die Figuren 3 und 4 erläutert. Dabei gilt hier und nachfolgend, dass solche Elemente und Bereiche, welche äquivalente Funktionen zu  
30 Elementen und Bereichen von vorhergehenden Figuren aufweisen, die gleichen Bezugszeichen tragen und nicht nochmals im Detail erläutert werden.

Ein erster wesentlicher Unterschied des in Figur 3  
35 gezeigten Sensors 20 zu jenem von Figur 2 betrifft die

Ausgestaltung der zweiten Elektrodeneinrichtung 32. Diese umfasst nämlich insgesamt drei voneinander separate Einzelelektroden 34a, 34b und 34c, welche linienhaft ausgebildet sind. Die beiden Elektroden 34a und 34c sind an  
5 den beiden gegenüberliegenden seitlichen Rändern des Sensors 20 angeordnet. Die Elektrode 34b umfasst eine Ringleitung 42 und vier zunächst vollflächige Leiterpunkte, die so zueinander angeordnet sind, dass sie die Spitzen eines gedachten Rechtecks bilden. Die vollflächigen  
10 Leiterpunkte sind in der Ringleitung 42 angeordnet und tragen in Figur 3 keine Bezugszeichen. Auf sie wird weiter unten noch stärker im Detail eingegangen. Jede der Elektroden 34a, 34b und 34c verfügt über eine eigene Zuleitung 43a, 43b und 43c mit entsprechenden elektrischen  
15 Anschlusskontakten 45a, 45b und 45c.

Die erste Elektrode 26 der Elektrodeneinrichtung 24 umfasst ebenfalls eine Ringleitung 44, die in der Draufsicht quadratisch ist. Ein in Figur 3 oberer und ein unterer  
20 Abschnitt der Ringleitung 44 sind über zwei in Figur 3 vertikale, sich also insgesamt in Längsrichtung des Sensors 20 erstreckende Verbindungsleitungen 46 miteinander verbunden. In diesen sind ebenfalls jeweils zwei vollflächige Leiterpunkte vorhanden, welche in der  
25 Draufsicht exakt unter denen der Elektrodeneinrichtung 32 liegen, und auf die weiter unten stärker im Detail eingegangen wird. Eine Verbindungsleitung zu der ersten Elektrode 26 trägt in Figur 3 das Bezugszeichen 28, ein entsprechender Anschlusskontakt das Bezugszeichen 50.

30 Beim Element 30 kann es sich um einen Träger handeln, oder auch einfach um eine Isolier- und/oder Schutzschicht. Ein weiterer Unterschied des in Figur 3 gezeigten Sensors 20 zu jenem von Figur 2 liegt darin, dass der in Figur 3 gezeigte  
35 Sensor zusätzlich eine Folie 52 aufweist, auf die ein

Temperatursensor 54 aufgedruckt ist. Anschlussleitungen 56a und 56b des Temperatursensors 54 münden in kreisförmige Kontaktpunkte 58a und 58b. Die Folie 52 ist auf die erste Trägerfolie 22 auf deren von der ersten Elektrode 26 abgewandten Seite aufgebracht.

Der Sensor 20 weist ferner eine nochmals zusätzliche Folie 60 auf, auf die eine Heizleiterbahn 62 aufgedruckt ist. Anschlussleitungen 64a und 64b der Heizleiterbahn 62 führen zu Anschlusskontakten 66a und 66b. Der Temperatursensor 54 sowie die Heizleiterbahn 62 sind bei zusammengebautem Sensor 20 in unmittelbarer Nähe der beiden Elektroden 26 und 34 angeordnet.

Der in Figur 3 gezeigte Sensor wird ähnlich hergestellt wie jener von Figur 2. Nach dem Zusammenfügen der einzelnen Schichten wird der fertige Verbund jedoch mit einem Bohrwerkzeug bearbeitet. Dieses bohrt senkrecht zu den Ebenen der Träger 22 und 30 exakt an jenen Stellen, an denen sich die vollflächigen Leiterpunkte der Elektroden 26 und 34 befinden, Durchgangslöcher in den Verbund. Die Durchgangslöcher tragen in den Figuren 3 und 4 die Bezugszeichen 68a bis d. Auch die seitlichen Ränder des Verbunds werden, nach deren präziser Herstellung beispielsweise durch Stanzen, Sägen oder Schneiden, im Bereich der äußeren zweiten Elektroden 34a und 34c mittels des Bohrwerkzeugs bearbeitet. Hierdurch ergeben sich senkrecht zur Ebene der Träger 22 und 30 erstreckende Ausnehmungen 70a bis 70d mit halbkreisförmigem Querschnitt. Typischerweise ist der Sensor 20 ca. 60 mm lang, 1 bis 2 mm hoch und 4 bis 8 mm breit.

Die freien und dem Gasstrom im Abgasrohr 16 aussetzbaren Ränder der zweiten Elektrodeneinrichtung 32 ergeben sich nun an folgenden Stellen: Zum einen am seitlichen Längsrand

des Sensors 22 im Bereich der linienhaften Elektroden 34a und 34c (sie tragen dort die Bezugszeichen 40a und 40b), und zum anderen im Bereich der Durchgangslöcher 68a bis 68d an jenen Stellen, an denen in der Ringleitung 42 die  
5 vollflächigen kreisförmigen Leitungspunkte vorhanden waren. Diese ringförmigen freiliegenden Randflächen tragen die Bezugszeichen 40c bis 40f. Die freiliegenden Randflächen der ersten Elektrode 26 sind analog hierzu an den  
10 seitlichen Längsrändern ausgebildet (Bezugszeichen 38a und 38b), sowie aufgrund der Durchgangslöcher 68a bis 68d im Bereich der ursprünglich vollflächigen kreisförmigen Leitungspunkte in den Verbindungsleitungen 46. Sie tragen die Bezugszeichen 38c bis 38f.

15 Man sieht ohne weiteres, dass der in den Figuren 3 und 4 gezeigte Sensor 20 mehrere freiliegende, dem Gasstrom im Abgasrohr 16 aussetzbare und nur um die Dicke D der Zwischenschicht 36 voneinander beabstandete  
20 Randflächenpaare 38 und 40 der Elektroden 26 und 34 aufweist, deren Impedanz sich mit steigender Partikelbeladung ändert und so ein Signal für die Partikelbeladung des im Abgasrohr 16 strömenden Abgases liefert. Die Ausnehmungen 70a bis 70d sowie die  
25 Durchgangslöcher 68a bis 68d bieten dabei besonders günstige Strömungsverhältnisse. Ein die Lebensdauer verkürzender abrasiver Abtrag des Elektrodenmaterials wird vermindert und hat ferner kaum einen Einfluss auf das  
30 Sensorsignal. Durch die im Bereich der Durchgangslöcher 68a bis 68d angeordnete Heizleiterbahn 62 kann ein optimales Freibrennen insbesondere der ringförmigen freien  
Randflächen 68c bis 68f und 40c bis 40f sichergestellt werden.

Eine nochmals abgeänderte Ausführungsform ist in Figur 5  
35 gezeigt. Diese unterscheidet sich von dem in den Figuren 3

und 4 gezeigten Sensor 20 dadurch, dass die Löcher als Sacklöcher ausgebildet sind und daher die Bezugszeichen 72a bis 72d tragen. Der erste Träger 22, sowie die Folie 52 und die Folie 60 weisen diese Löcher nicht auf. Dies kann in bestimmten Einbausituationen strömungstechnische Vorteile haben. Hergestellt werden die Sacklöcher 68a bis 68d dadurch, dass vor dem Verbinden der einzelnen Schichten des Sensors 20 auf den keramischen Träger 30 und die Zwischenschicht 36 eine rußgefüllte Paste aufgedruckt wird. Bei dem thermischen Verbindungsprozess der einzelnen Schichten durch Sintern verbrennen diese Materialpunkte und hinterlassen die in Figur 5 gezeigten Löcher in den jeweiligen Strukturen. Dies setzt jedoch voraus, dass die einzelnen Elemente der Schichtstruktur, aus der der Sensor 20 aufgebaut ist, lateral mit höchster Präzision ausgerichtet sind, damit die Löcher in den einzelnen Schichten letztlich die durchgängigen Sacklöcher 68a bis 68d mit den innenliegenden freien Rändern 38 und 40 ergeben.

Figur 6 zeigt einen Rußpartikelsensor 20, welcher folgendermaßen hergestellt wird: Zunächst wird die erste Elektrodeneinrichtung 24 auf den ersten Träger 22 aufgedruckt. Danach werden auf die erste Elektrodeneinrichtung 24 zwei isolierende Zwischenschichten 36a und 36b beispielsweise in Dickschichttechnik aufgebracht, auf denen wiederum die zweite Elektrodeneinrichtung 32 positioniert wird. Schließlich wird die zweite Elektrodeneinrichtung 32 mit einer Schutzschicht 30 abgedeckt.

Die aufeinandergelegten Träger 22 und Schichten 30, 36a, und 36b werden nun durch Laminieren miteinander verbunden. Das sich hieraus ergebende Laminat wird so bearbeitet, dass es freiliegende, benachbarte und nur um die Dicke der



Zwischenschichten 36a und 36b aus dem elektrisch isolierenden Material voneinander beabstandete Ränder 38, 40 der Elektrodeneinrichtungen 24, 32 aufweist.

5

10

## Ansprüche

1. Sensor zum Erfassen von Partikeln in einem Gasstrom,  
insbesondere Rußpartikelsensor (20) für ein Abgassystem  
15 (16) einer Brennkraftmaschine (10), mit einer ersten  
Elektrodeneinrichtung (24) und einer zweiten  
Elektrodeneinrichtung (32), welche in einem Abstand (D)  
voneinander angeordnet und wenigstens bereichsweise dem  
Gasstrom aussetzbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass die  
20 Elektrodeneinrichtungen (24, 32) durch eine Zwischenschicht  
(36) aus einem elektrisch isolierenden Material voneinander  
getrennt sind, und dass sie um die Dicke (D) der  
Zwischenschicht (36) voneinander beabstandete, dem Gasstrom  
aussetzbare freie Ränder (38, 40) aufweisen.
- 25 2. Sensor (20) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Zwischenschicht eine Folie (36) oder eine  
Dickschicht umfasst.
3. Sensor (20) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch  
gekennzeichnet, dass mindestens eine der beiden  
30 Elektrodeneinrichtungen (24) eine Mehrzahl von  
Einzelelektroden (34a-34c) umfasst.
4. Sensor (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass dem Gasstrom aussetzbare freie

Ränder (38, 40) der Elektrodeneinrichtungen (24, 32) an  
mindestens einem freien Außenrand des Sensors (20) und/oder  
an mindestens einer Durchgangsöffnung (68) und/oder  
mindestens einer sacklochartigen Öffnung (72) im Sensor  
5 (20) angeordnet sind.

5. Sensor (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodeneinrichtungen  
(24, 32) jeweils auf eine Folie (22, 30) aufgedruckt sind.

10 6. Sensor (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass er eine Heizeinrichtung (62)  
umfasst.

7. Sensor (20) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,  
dass er eine Temperaturerfassungseinrichtung (54) umfasst.

15 8. Sensor (20) nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtung (62) und/oder die  
Temperaturerfassungseinrichtung (54) jeweils auf eine Folie  
(52, 60) aufgedruckt sind/ist.

20 9. Verfahren zum Herstellen eines Sensors (20) nach einem  
der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass  
es folgende Schritte umfasst:

a. Die erste Elektrodeneinrichtung (24) wird auf  
einen ersten Träger (22) aufgebracht;

b. die zweite Elektrodeneinrichtung (32) wird auf  
einen zweiten Träger (30) aufgebracht;

25 c. auf die Seite des ersten Trägers (22), auf die  
die erste Elektrodeneinrichtung (24) aufgebracht  
ist, wird eine Zwischenschicht (36) aus einem  
elektrisch isolierenden Material aufgebracht;

- 5 d. auf die Zwischenschicht (36) aus dem elektrisch  
isolierenden Material wird der zweite Träger (30)  
mit der zweiten Elektrodeneinrichtung (32)  
angeordnet, derart, dass die Seite des zweiten  
Trägers (30), auf die die zweite  
Elektrodeneinrichtung (32) aufgebracht ist, zu  
der Zwischenschicht (36) aus dem elektrisch  
isolierenden Material weist;
- 10 e. die aufeinandergelegten Träger (22, 30) und  
Schichten (36) werden miteinander verbunden  
(laminiert);
- 15 f. der Verbund der Träger (22, 30) und Schichten  
(36) wird so bearbeitet, dass er freiliegende,  
benachbarte und nur um die Dicke der  
Zwischenschicht (36) aus dem elektrisch  
isolierenden Material voneinander beabstandete  
Ränder (38, 40) der Elektrodeneinrichtungen (24,  
32) aufweist.
- 20 10. Verfahren zum Herstellen eines Sensors (20) nach einem  
der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass es  
folgende Schritte umfasst:
- a. Die erste Elektrodeneinrichtung (24) wird auf  
einen ersten Träger (22) aufgebracht;
- 25 b. auf die erste Elektrodeneinrichtung (24) wird  
mindestens eine isolierende Zwischenschicht (36a,  
36b) aufgebracht;
- c. die zweite Elektrodeneinrichtung (32) wird auf  
die isolierende Zwischenschicht (36a, 36b)  
aufgebracht;

d. auf die zweite Elektrodeneinrichtung (32) wird eine Schutzschicht (30) aufgebracht;

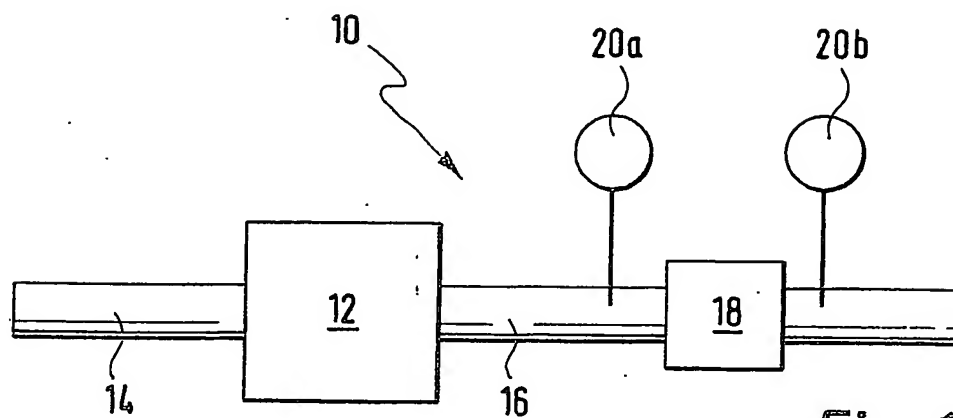
e. die aufeinandergelegten Träger (22) und Schichten (30, 36a, 36b) werden miteinander verbunden (laminiert);

f. der Verbund der Träger (22) und Schichten (30, 36a, 36b) wird so bearbeitet, dass er freiliegende, benachbarte und nur um die Dicke der Zwischenschicht (36a, 36b) aus dem elektrisch isolierenden Material voneinander beabstandete Ränder (38, 40) der Elektrodeneinrichtungen (24, 32) aufweist.

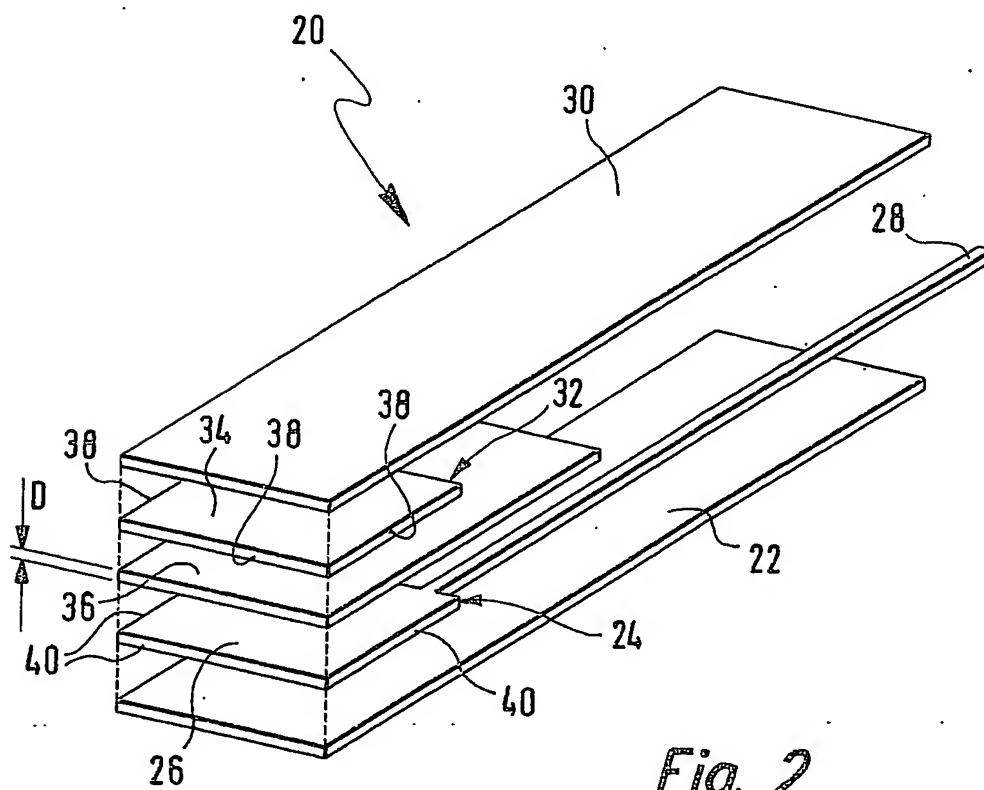
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt f der Verbund geschnitten oder gestanzt oder gebohrt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Aufeinanderlegen der Träger (22, 30) mindestens auf den ersten Träger (22) und auf die Zwischenschicht (36) aus elektrisch isolierendem Material an mindestens einer Stelle, an denen die Elektrodeneinrichtungen (24, 32) freie Ränder (38, 40) aufweisen sollen, ein brennbares Material aufgebracht und der Verbund später so erhitzt wird, dass das brennbare Material verbrennt und dabei auch den Bereich des Trägers (22, 30) bzw. der Zwischenschicht (36), auf den es aufgebracht war, verbrennt.

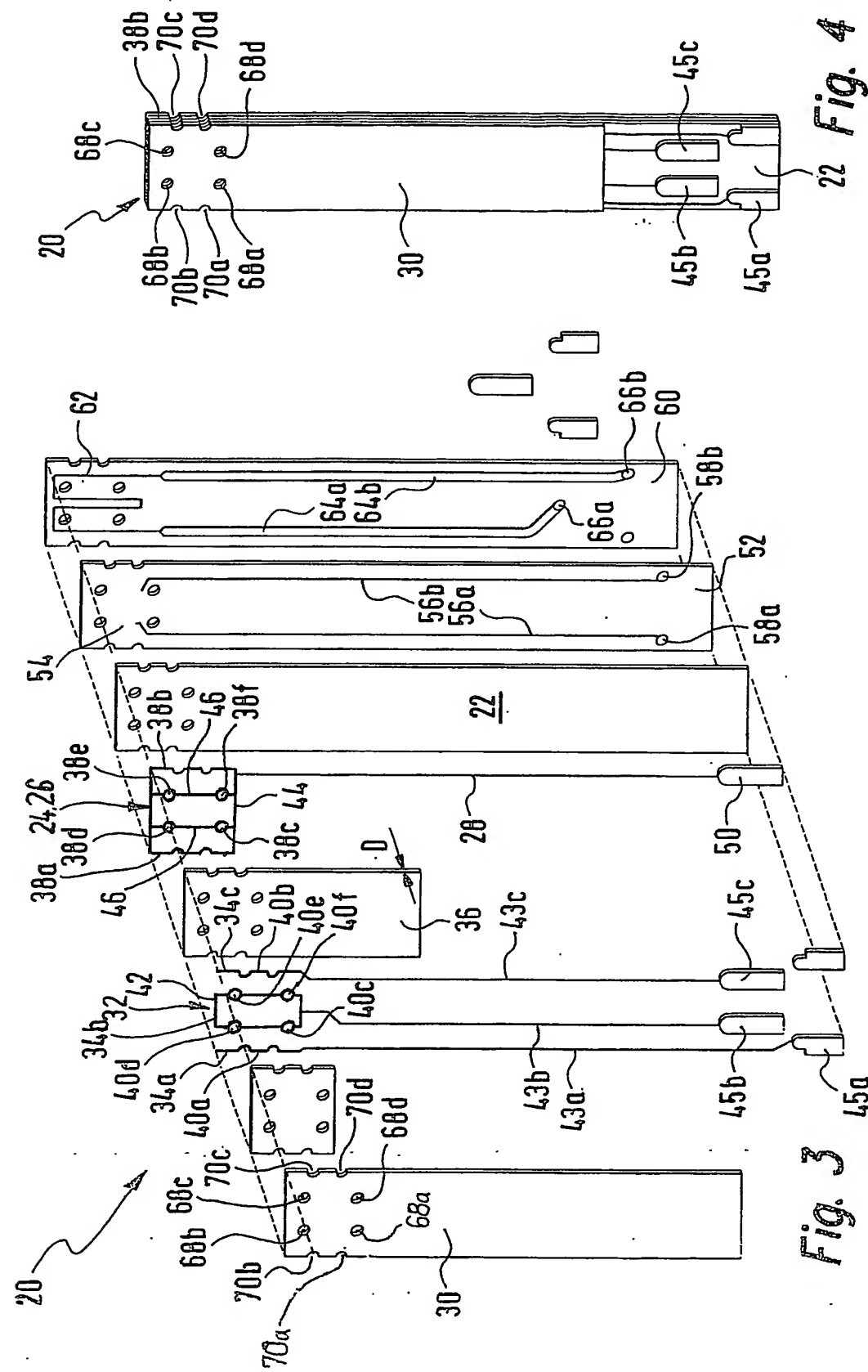
1 / 4



*Fig. 1*



*Fig. 2*



3 / 4

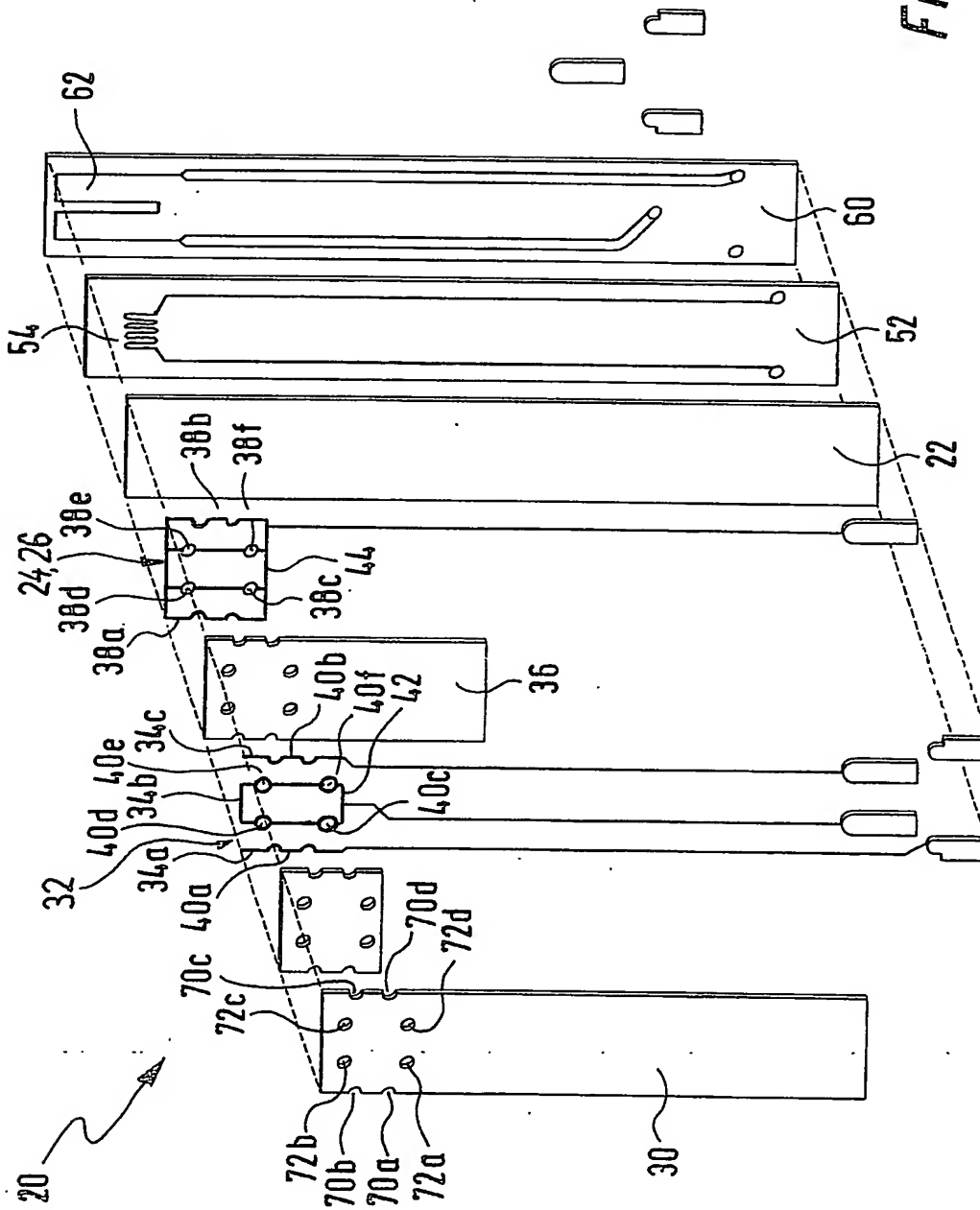


Fig. 5



4 / 4

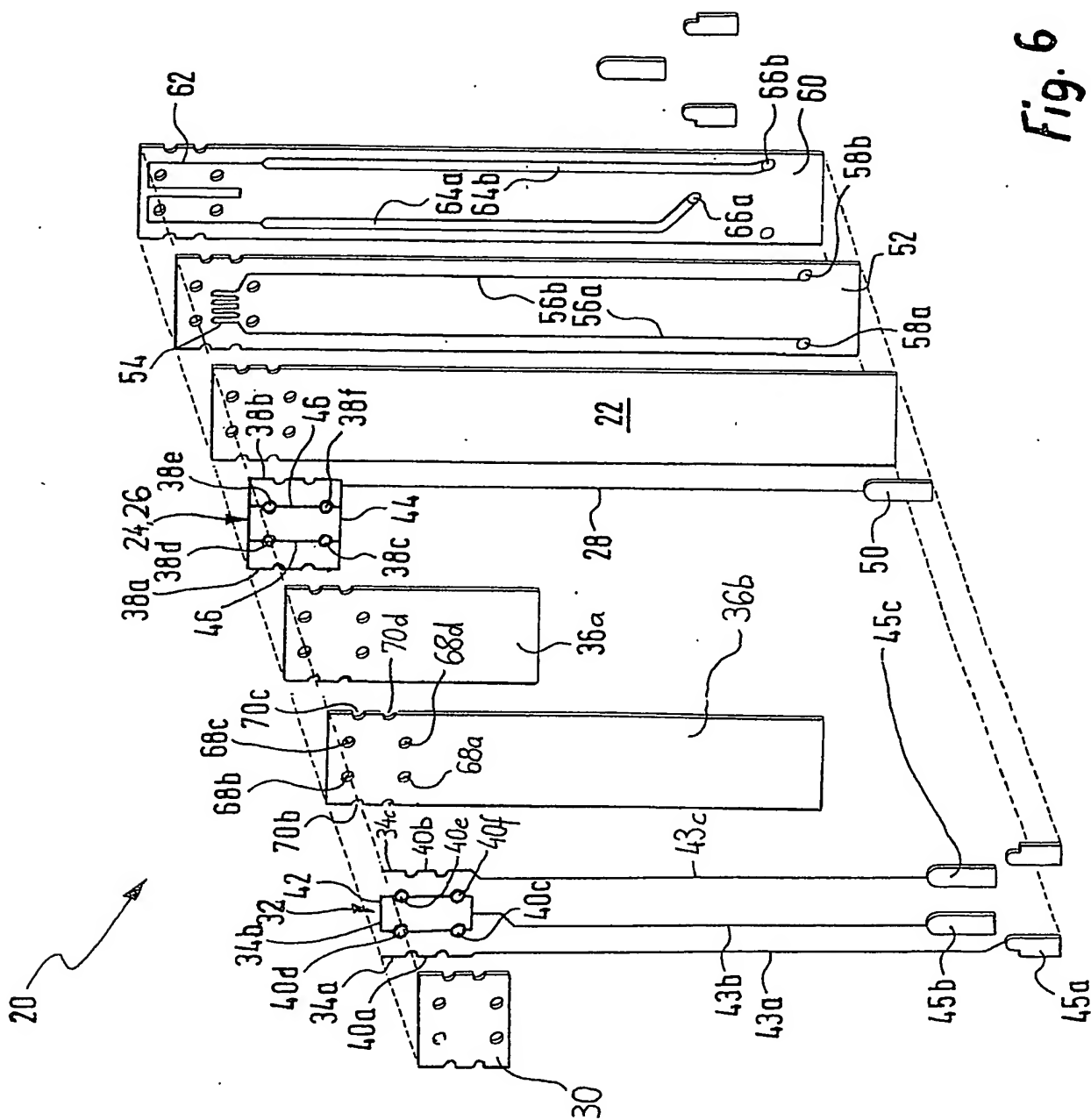


Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No  
PCT/DE2004/001985

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01N15/06 G01N27/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 101 33 384 A (BOSCH GMBH ROBERT) 30 January 2003 (2003-01-30) paragraphs '0028! - '0036!; figure 4	1-12
Y	US 6 110 354 A (SABAN STEVEN ET AL) 29 August 2000 (2000-08-29) column 2, lines 43-58 column 5, lines 39-51 column 8, line 65 - column 11, line 67; figures 4a,4b	1-12
P,X	WO 03/095999 A (BOSCH GMBH ROBERT ; KRUMMEL CHRISTIAN (DE); WEBER HERIBERT (DE)) 20 November 2003 (2003-11-20) page 2, lines 15-20 page 5, line 28 - page 6, line 6 ----- -/--	1-6,8

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 January 2005

Date of mailing of the international search report

24/01/2005

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Müller, T

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/DE2004/001985

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 29 28 496 A (BOSCH GMBH ROBERT) 29 January 1981 (1981-01-29) the whole document -----	1-12

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/DE2004/001985

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 10133384	A	30-01-2003	DE	10133384 A1	30-01-2003
			WO	03006976 A2	23-01-2003
			EP	1407255 A2	14-04-2004
US 6110354	A	29-08-2000	US	6790341 B1	14-09-2004
WO 03095999	A	20-11-2003	DE	10221084 A1	20-11-2003
			WO	03095999 A2	20-11-2003
DE 2928496	A	29-01-1981	DE	2928496 A1	29-01-1981
			CA	1136702 A1	30-11-1982
			CH	647330 A5	15-01-1985
			FR	2461946 A1	06-02-1981
			GB	2054868 A , B	18-02-1981
			IT	1131874 B	25-06-1986
			JP	1599833 C	31-01-1991
			JP	56016865 A	18-02-1981
			JP	63036462 B	20-07-1988
			SE	445679 B	07-07-1986
			SE	8005121 A	15-01-1981
			US	4294679 A	13-10-1981

BEST AVAILABLE COPY

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01N15/06 G01N27/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 101 33 384 A (BOSCH GMBH ROBERT) 30. Januar 2003 (2003-01-30) Absätze '0028! - '0036!; Abbildung 4 -----	1-12
Y	US 6 110 354 A (SABAN STEVEN ET AL) 29. August 2000 (2000-08-29) Spalte 2, Zeilen 43-58 Spalte 5, Zeilen 39-51 Spalte 8, Zeile 65 - Spalte 11, Zeile 67; Abbildungen 4a,4b -----	1-12
P,X	WO 03/095999 A (BOSCH GMBH ROBERT ; KRUMMEL CHRISTIAN (DE); WEBER HERIBERT (DE)) 20. November 2003 (2003-11-20) Seite 2, Zeilen 15-20 Seite 5, Zeile 28 - Seite 6, Zeile 6 ----- -/--	1-6,8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Januar 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

24/01/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Müller, T

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 29 28 496 A (BOSCH GMBH ROBERT) 29. Januar 1981 (1981-01-29) das ganze Dokument -----	1-12

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001985

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10133384	A	30-01-2003	DE 10133384 A1	30-01-2003
			WO 03006976 A2	23-01-2003
			EP 1407255 A2	14-04-2004
US 6110354	A	29-08-2000	US 6790341 B1	14-09-2004
WO 03095999	A	20-11-2003	DE 10221084 A1	20-11-2003
			WO 03095999 A2	20-11-2003
DE 2928496	A	29-01-1981	DE 2928496 A1	29-01-1981
			CA 1136702 A1	30-11-1982
			CH 647330 A5	15-01-1985
			FR 2461946 A1	06-02-1981
			GB 2054868 A , B	18-02-1981
			IT 1131874 B	25-06-1986
			JP 1599833 C	31-01-1991
			JP 56016865 A	18-02-1981
			JP 63036462 B	20-07-1988
			SE 445679 B	07-07-1986
			SE 8005121 A	15-01-1981
			US 4294679 A	13-10-1981